

Abstract of JP10154345

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a polarizing beam splitter whose film constitution is managed simple and whose manufacturing is facilitated by forming multilayer films so as to satisfy a specific condition concerning the relation of the phase difference between the P-wave and the S-wave of a transmitted light.

SOLUTION: When δ is defined as the phase difference between the P-wave and the S-wave transmitted through a polarizing beam splitter, multilayer films satisfying $n\pi + (\pi/4) < \delta \leq n\pi + (\pi/2)$ are formed. When the incident side medium of the polarizing beam splitter is air whose reflectivity is 1, a substrate is niobium acid lithium whose reflectivity is 2.24 and a light beam whose wavelength λ is 690nm as a target characteristic is made incident on this polarizing beam splitter at an incident angle of 45 degrees, the reflectivity R_s of an S-polarized light is made to be the order of 80% and the reflectivity R_p of a P-polarized light is made to be 0%. The polarizing beam splitter like this is realized by alternately laminating SiO_2 as a low reflectivity material whose reflectivity is 1.46 and TiO_2 as a high reflectivity material whose reflectivity is 2.25 on the substrate (whose reflectivity is 2.24) made of niobium acid lithium with prescribed thicknesses.

空気		n=1
SiO_2	1.74	$\lambda/4$
TiO_2	1.49	$\lambda/4$
SiO_2	1.33	$\lambda/4$
TiO_2	1.58	$\lambda/4$
SiO_2	1.49	$\lambda/4$
TiO_2	1.58	$\lambda/4$
SiO_2	2.84	$\lambda/4$
TiO_2	1.03	$\lambda/4$
SiO_2	0.75	$\lambda/4$
TiO_2	1.03	$\lambda/4$
SiO_2	3.28	$\lambda/4$
TiO_2	2.19	$\lambda/4$
SiO_2	1.48	$\lambda/4$
TiO_2	1.03	$\lambda/4$
SiO_2	1.48	$\lambda/4$
TiO_2	2.18	$\lambda/4$
SiO_2	0.57	$\lambda/4$
LiNbO_3		n=2.24

6回繰り返し

SiO_2 : n=1.46

TiO_2 : n=2.25

$\lambda=690\text{nm}$

(2)

特開平10-154345

【特許請求の範囲】

【請求項1】 偏光ビームスプリッターを透過したP波とS波との位相差 δ が、 $n\pi + (\pi/4) < \delta \leq n\pi + (\pi/2)$ (n は整数)を満たす多層膜を形成したことを特徴とする偏光ビームスプリッター。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は所定の波長の光線が入射した場合に、その偏光状態により分岐する方向が所定の割合で異なるような偏光ビームスプリッターに関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスク装置、光磁気ディスク装置、レーザープリンター、レーザー加工機、測定装置等のレーザー応用機器では、半導体レーザーからの光の光路と光検出器に至る光の光路との分割を行うため偏光ビームスプリッターが使用されている。

【0003】従来の偏光ビームスプリッターとしては、基板上に高屈折率層と低屈折率層とを交互に積層させてなり、その膜構成が、前記基板の近傍には光学的膜厚の比較的薄い組み合わせからなる第1のスタックを形成し、その上に光学的膜厚が前記第1のスタックより厚い第2のスタックを形成したダブルスタックのものがあ。る。ここでスタックとは、高屈折率層と低屈折率層とを各々所定の範囲の膜厚とした2層1組を1セットとし、これを数回繰り返したものをいう。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したダブルスタックの偏光ビームスプリッターは、膜構成が複雑であり容易に製造できないという問題点を有していた。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、 δ を偏光ビームスプリッターを透過したP波とS波との位相差とするとき、 $n\pi + (\pi/4) < \delta \leq n\pi + (\pi/2)$ を満たす多層膜を形成したことが特徴である。

【0006】前記位相差 δ を、上述した範囲より大きくする場合には、膜構成の中に極端に厚い層や極端に薄い層を含ませる必要がある。このため、膜にクラックが生じ易く耐久性が悪くなる。また、逆に位相差 δ が、この範囲より小さくする場合には、膜構成がダブルスタックとなる傾向がある。このため、膜構成が複雑で製造が困難となる。一方、本発明の膜構成の場合、上述した範囲とすることで、スタックは一種類（シングルスタック）の単純構成で済み、膜厚の大きい層を含ませる必要もない。膜構成が単純であれば、それだけ製造面でも容易になるという利点がある。

【0007】

【発明の実施の形態】

(実施の形態1)

(構成)本実施の形態1では、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性として波長 $\lambda=690\text{nm}$ の光線が45度の入射角でこの偏光ビームスプリッターに入射した場合、S偏光の反射率 R_s は80%程度、P偏光の反射率 R_p は0%とする。

【0008】実用上許容される誤差は、S偏光の反射率 R_s は $80 \pm 10\%$ 程度、P偏光の反射率 R_p は15%以下であり、この範囲を超えた場合には光の利用効率が悪化するので好ましくない。

【0009】このような偏光ビームスプリッターを、図1に示すように屈折率1.46の低屈折率材料としての SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板(屈折率2.24)に積層することにより実現する。

【0010】本実施の形態1の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、60度であった。また、本実施の形態1の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図8に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は74%、P偏光の反射率 R_p は10%となり、略良好な特性となっている。

【0011】(実施の形態2)本実施の形態2では、実施の形態1と同様、図2に示すように、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図2に示すように屈折率1.46の低屈折率材料としての SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

【0012】本実施の形態2の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、58度であった。また、本実施の形態2の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図9に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は75%、P偏光の反射率 R_p は6%となり、略良好な特性となっている。

【0013】(実施の形態3)本実施の形態3では、実施の形態1と同様、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気であり、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図3に示すように屈折率1.46の低屈折率材料としての SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

(3)

特開平10-154345

【0014】本実施の形態3の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、58度であった。また、本実施の形態2の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図10に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は70%、P偏光の反射率 R_p は7%となり、略良好な特性となっている。

【0015】(実施の形態4) 本実施の形態4では、実施の形態1と同様、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気であり、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図4に示すように、屈折率1.46の低屈折率材料としての SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

【0016】本実施の形態4の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、56度であった。また、本実施の形態3の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図11に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は74%、P偏光の反射率 R_p は13%となり、略良好な特性となっている。

【0017】(実施の形態5) 本実施の形態5では、実施の形態1と同様、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図5に示すように、屈折率1.46の低屈折率材料である SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

【0018】本実施の形態5の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、69度であった。また、本実施の形態5の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図12に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は82%、P偏光の反射率 R_p は9%となり、略良好な特性となっている。

【0019】(実施の形態6) 本実施の形態6では、実施の形態1と同様、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気、基板が屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図6に示すように、屈折率1.46の低屈折率材料である SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料としての TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

【0020】本実施の形態6の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法に

より測定した結果、60度であった。また、本実施の形態6の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図13に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は77%、P偏光の反射率 R_p は8%となり、略良好な特性となっている。

【0021】(実施の形態7) 本実施の形態7では、実施の形態1と同様、偏光ビームスプリッターの入射側媒質が屈折率1の空気、基板が、屈折率2.24のニオブ酸リチウム(LiNbO_3)であり、目標特性も実施の形態1と同様である。このような偏光ビームスプリッターを、図7に示すように、屈折率1.46の低屈折率材料の SiO_2 と、屈折率2.25の高屈折率材料の TiO_2 とを交互に所定の膜厚でニオブ酸リチウムからなる基板に積層することにより実現する。

【0022】本実施の形態7の偏光ビームスプリッターのP波とS波との透過位相差 δ は成膜後に偏光解析法により測定した結果、68度であった。また、本実施の形態7の偏光ビームスプリッターの分光反射特性は、図14に示す通りであり、波長690nmにおいてS偏光の反射率 R_s は78%、P偏光の反射率 R_p は7%となり、略良好な特性となっている。なお、上述の実施の形態における透過位相差 δ を測定した結果は、56度から69度の範囲であるが、その他の多くの検討を行った結果、透過位相差 δ が45度から90度の範囲のものが、本発明の作用効果を満たすものであることが確認された。また、上述の実施の形態においては、高屈折率材料として TiO_2 を用いたがこれに変えて Ta_2O_5 (屈折率2.1)を用いてもよく、また、低屈折率材料として SiO_2 を用いたがこれに変えて MgF_2 (屈折率1.4)を用いてもよいことが確認された。さらに、高屈折率材料は屈折率が2以上のものが望ましく、低屈折率材料は屈折率が1.5以下のものが望ましいことも確認された。

【0023】

【発明の効果】以上説明した本発明によれば、透過光のP波とS波との位相差を δ としたとき、 $n\pi + (\pi/4) < \delta \leq n\pi + (\pi/2)$ の条件を満たす多層膜を形成したことによって、膜構成が単純で済み、膜厚の大きい層を含ませる必要もなく、製造が容易な偏光ビームスプリッターを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図2】本発明の実施の形態2の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図3】本発明の実施の形態3の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図4】本発明の実施の形態4の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図5】本発明の実施の形態5の偏光ビームスプリッタ

(4)

特開平10-154345

一の多層膜の組成を示す説明図である。

【図6】本発明の実施の形態6の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図7】本発明の実施の形態7の偏光ビームスプリッターの多層膜の組成を示す説明図である。

【図8】本発明の実施の形態1の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態2の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態3の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

る。

【図11】本発明の実施の形態4の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態5の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態6の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図14】本発明の実施の形態7の偏光ビームスプリッターの多層膜の波長と分光反射率との関係を示す図である。

【図1】

空気	$n=1$	
SiO ₂	$1.74 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.40 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.23 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.58 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.48 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.58 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$2.84 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.03 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$0.75 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.03 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$3.28 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$2.19 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.48 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.03 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.48 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$2.19 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$0.57 \times \lambda/4$	
LiNbO ₃	$n=2.24$	

8回繰り返す

SiO₂: $n=1.46$ TiO₂: $n=2.25$ $\lambda=600\text{nm}$

【図2】

空気	$n=1$	
SiO ₂	$1.81 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.28 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.29 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.61 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.43 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$1.50 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.26 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$0.93 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$0.82 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$0.94 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$3.40 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$0.94 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$2.78 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$0.94 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$0.82 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$2.90 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.28 \times \lambda/4$	
TiO ₂	$2.07 \times \lambda/4$	
SiO ₂	$1.42 \times \lambda/4$	
LiNbO ₃	$n=2.24$	

8回繰り返す

SiO₂: $n=1.46$ TiO₂: $n=2.25$ $\lambda=600\text{nm}$

(5)

特開平10-154345

【図3】

空気 n=1	
SiO ₂	1.88×1/4
TiO ₂	1.26×1/4
SiO ₂	1.26×1/4
TiO ₂	1.54×1/4
SiO ₂	1.41×1/4
TiO ₂	1.51×1/4
SiO ₂	1.28×1/4
TiO ₂	0.89×1/4
SiO ₂	0.83×1/4
TiO ₂	0.93×1/4
SiO ₂	3.82×1/4
TiO ₂	0.84×1/4
SiO ₂	2.61×1/4
TiO ₂	0.84×1/4
SiO ₂	0.88×1/4
TiO ₂	2.88×1/4
SiO ₂	1.25×1/4
TiO ₂	2.10×1/4
SiO ₂	1.35×1/4
LiNbO ₃ n=2.24	

5回繰り返す

SiO₂: n=1.48
TiO₂: n=2.25
λ=690nm

【図4】

空気 n=1	
SiO ₂	1.83×1/4
TiO ₂	1.38×1/4
SiO ₂	1.27×1/4
TiO ₂	3.56×1/4
SiO ₂	1.67×1/4
TiO ₂	3.74×1/4
SiO ₂	0.76×1/4
TiO ₂	1.03×1/4
SiO ₂	0.74×1/4
TiO ₂	3.38×1/4
SiO ₂	0.74×1/4
TiO ₂	0.90×1/4
SiO ₂	2.89×1/4
TiO ₂	0.90×1/4
SiO ₂	2.19×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	2.19×1/4
LiNbO ₃ n=2.24	

5回繰り返す

2回繰り返す

SiO₂: n=1.48
TiO₂: n=2.25
λ=690nm

【図5】

空気 n=1	
SiO ₂	1.72×1/4
TiO ₂	1.23×1/4
SiO ₂	1.24×1/4
TiO ₂	1.83×1/4
SiO ₂	1.44×1/4
TiO ₂	1.45×1/4
SiO ₂	1.21×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	0.81×1/4
TiO ₂	0.87×1/4
SiO ₂	3.27×1/4
TiO ₂	0.87×1/4
SiO ₂	2.87×1/4
TiO ₂	0.87×1/4
SiO ₂	0.81×1/4
TiO ₂	2.79×1/4
SiO ₂	1.21×1/4
TiO ₂	2.27×1/4
SiO ₂	1.25×1/4
LiNbO ₃ n=2.24	

5回繰り返す

SiO₂: n=1.48
TiO₂: n=2.25
λ=690nm

空気 n=1	
SiO ₂	1.70×1/4
TiO ₂	1.21×1/4
SiO ₂	1.25×1/4
TiO ₂	1.82×1/4
SiO ₂	1.44×1/4
TiO ₂	1.42×1/4
SiO ₂	1.22×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	0.80×1/4
TiO ₂	0.89×1/4
SiO ₂	0.80×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	3.27×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	2.97×1/4
TiO ₂	0.80×1/4
SiO ₂	0.80×1/4
TiO ₂	2.78×1/4
SiO ₂	1.22×1/4
TiO ₂	2.24×1/4
SiO ₂	1.27×1/4
LiNbO ₃ n=2.24	

4回繰り返す

SiO₂: n=1.48
TiO₂: n=2.25
λ=690nm

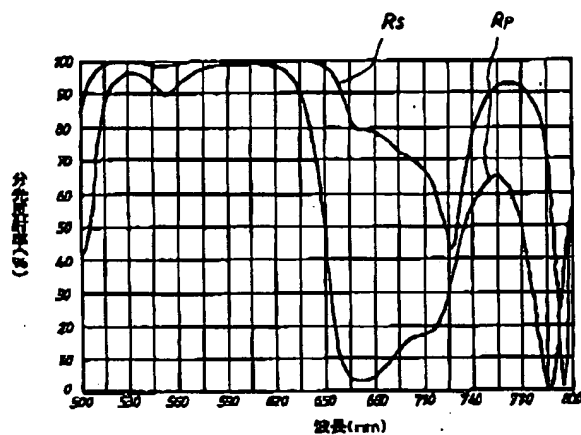
【図7】

空気	$n=1$
SiO ₂	$1.76 \times \lambda/4$
TiO ₂	$1.20 \times \lambda/4$
SiO ₂	$1.24 \times \lambda/4$
TiO ₂	$1.04 \times \lambda/4$
SiO ₂	$1.46 \times \lambda/4$
TiO ₂	$1.41 \times \lambda/4$
SiO ₂	$1.16 \times \lambda/4$
TiO ₂	$0.80 \times \lambda/4$
SiO ₂	$0.91 \times \lambda/4$
TiO ₂	$0.87 \times \lambda/4$
SiO ₂	$3.26 \times \lambda/4$
TiO ₂	$0.87 \times \lambda/4$
SiO ₂	$3.00 \times \lambda/4$
TiO ₂	$0.87 \times \lambda/4$
SiO ₂	$0.81 \times \lambda/4$
TiO ₂	$2.75 \times \lambda/4$
SiO ₂	$1.18 \times \lambda/4$
TiO ₂	$2.81 \times \lambda/4$
SiO ₂	$1.20 \times \lambda/4$
LiNbO ₃	$n=2.24$

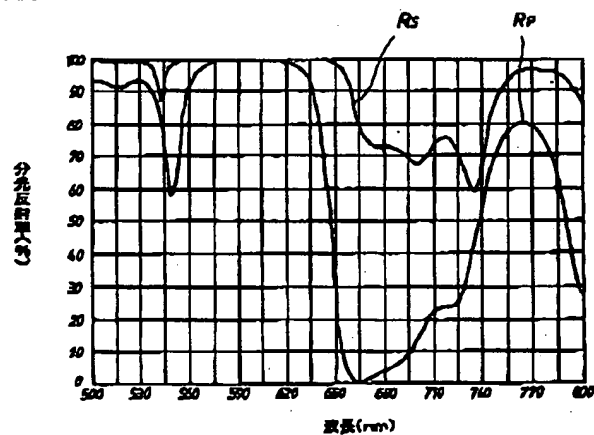
SiO₂: $n=1.46$
 TiO₂: $n=2.25$
 $\lambda=690\text{nm}$

5回繰り返す

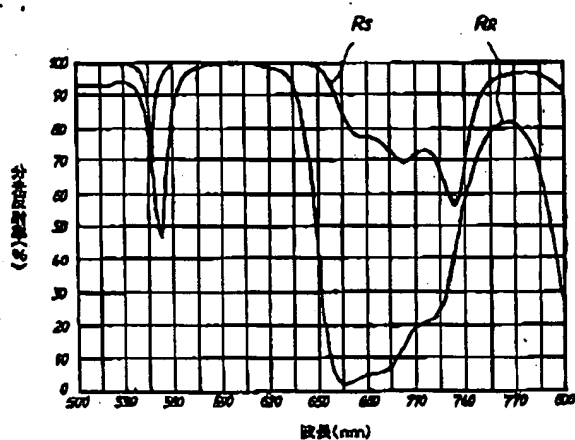
【図8】



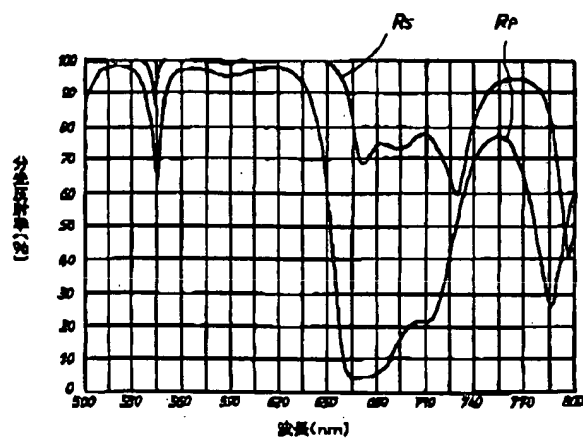
【図10】



【図9】



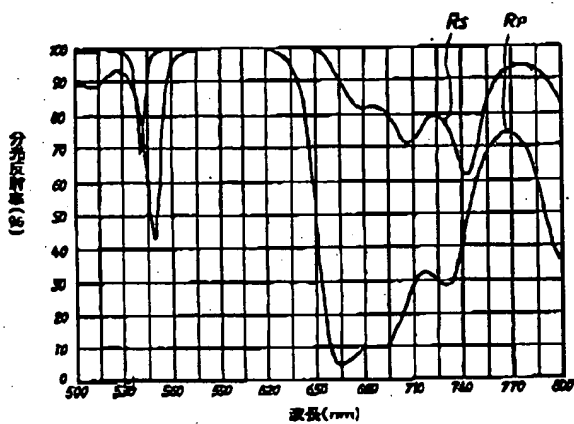
【図11】



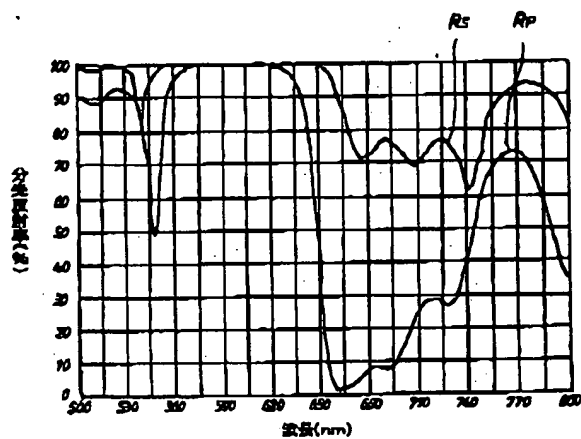
(7)

特開平10-154345

【図12】



【図13】



【図14】

